



**You have downloaded a document from
RE-BUS
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Badanie odporności skał Wyżyny Śląskiej z zastosowaniem młotka Schmidta.

Author: Bartłomiej Szypuła

Citation style: Szypuła Bartłomiej. (2009). Badanie odporności skał Wyżyny Śląskiej z zastosowaniem młotka Schmidta. "Geographia. Studia et Dissertationes" (T. 31 (2009), s. 65-80).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

BARTŁOMIEJ SZYPUŁA*

Badanie odporności skał Wyżyny Śląskiej z zastosowaniem młotka Schmidta

Zarys treści

Niniejszy artykuł omawia problem odporności skał Wyżyny Śląskiej. Przedstawione tu rezultaty pomiarów terenowych twardości wychodni skalnych zostały częściowo wykorzystane podczas prac nad rozprawą doktorską autora artykułu (Szypuła, 2007). Wyniki pomiarów stały się także podstawą do ustalenia klas wytrzymałości wychodni skał obszaru Wyżyny Śląskiej oraz próbą przyjrzenia się relacji: odporność podłoża — rzeźba.

Wstęp

Odporność skały definiowana jest jako opór, jaki stawia ona procesom niszczącym, takim jak: wietrzenie, erozja i denudacja. Często zamiennie z terminem „odporność” używa się pojęć: twardość, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na uderzenia, zwięzłość itd. Pojęcia te opisują cechy wytrzymałościowe ośrodka skalnego; dopiero ich suma składa się na właściwie rozumianą odporność masywu skalnego.

Problem odporności masywu skalnego jest kwestią bardzo złożoną, zależną nie tylko od właściwości fizyczno-chemicznych samej skały, ale i wielu czynników zewnętrznych, które ponadto zmieniają się w czasie. Ustalenie wobec tego bezwzględnej i obiektywnej odporności w zasadzie nie jest możliwe. Można jedynie próbować określić odporność skał w danym momencie (przedziale?) czasowym, związanym z konkretnymi warunkami środowiska, choć pamiętać

* Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

należy, że odporność zawsze będzie różna względem różnych procesów rzeźbotwórczych.

W niniejszym artykule podjęto próbę określenia odporności skał występujących na powierzchni Wyżyny Śląskiej. W tym celu posłużono się metodą terenową z zastosowaniem młotka Schmidta. Przyrząd ten zaprojektowany został przez E. Schmidta w 1948 r. do testowania twardości betonu *in situ*. Mierzy on wielkość odbicia badanej uderzeniem powierzchni skały. Ponieważ odprężenie elastyczne (odległość odpychania elastycznej masy na uderzenie) zależy od twardości powierzchni, a twardość jest związana z mechaniczną wytrzymałością — wartość odbicia R daje względną miarę twardości lub właśnie wytrzymałości skały. Wynikiem pracy stało się zatem przybliżenie kwestii zróżnicowanej odporności z uwagi na jeden parametr (wytrzymałość), ważnej dla pewnej grupy procesów rzeźbotwórczych (mechanicznych), ale mniej istotnej dla innych (np. rozpuszczanie skał), co w kontekście obszaru badań zasługuje na szczególne podkreślenie.

Metody badań

Jak już wspomniano, postanowiono dokonać pewnego przybliżenia odporności skał Wyżyny Śląskiej, mierząc ich wytrzymałość na kompresję (twardość) z użyciem sklerometru terenowego — młotka Schmidta typu N . Wielu autorów pozytywnie odnosi się do badań sklerometrycznych z zastosowaniem tej metody (np.: Day, Goudie, 1977; Selby, 1980; Williams, Robinson, 1983; Katz 2000). Ponadto zależność między twardością skały a jej wytrzymałością na ściskanie została ustalona na podstawie dużej liczby badań wytrzymałości, wykonanych na próbkach sześciennych, z których każda była ściszana w prasie bezpośrednio po wykonaniu badań sklerometrycznych (tabela 1) (Runkiewicz, 1969; Selby, 1993).

Przykład przeliczenia wartości odbicia R (młotek Schmidta) na MPa
(jednoosiowa wytrzymałość na ściskanie) (wg Selby, 1993)

TABELA 1
TABLE 1
Example of recalculating of rebound value R (Schmidt hammer) for MPa
(uniaxial compression resistance) (after Selby, 1993)

Odporność skał	Wartość odbicia R	Jednoosiowa wytrzymałość na ściskanie [Mpa]
Bardzo mała	10—35	1—25
Mała	35—40	25—50
Średnia	40—50	50—100
Duża	50—60	100—200
Bardzo duża	> 60	> 200

Jeszcze inni autorzy wykazali, że istnieje silna zależność między wartością odbicia R a modulem Younga (współczynnik determinacji $R^2 = 0,994$), jednoosiową odpornością na ściskanie (współczynnik determinacji $R^2 = 0,964$) oraz gęstością (współczynnik determinacji $R^2 = 0,913$) (Day, Goudie, 1977; Katz, Reches, Roegiers, 2000).

Poza tym metoda ta pozwala w prosty sposób zebrać porównywalny zbiór obiektywnych danych o odporności różnych rodzajów skał na danym obszarze. Młotek Schmidta daje zatem szansę weryfikacji wysuwanych wcześniej intuicyjnie hipotez i odpowiedzi na pytanie, czy rzeczywiście skały uważane za twardsze takimi są oraz w jakim stopniu obserwowany krajobraz jest wynikiem zróżnicowanej odporności skał (Placek, Migoń, 2005).

Wyniki

Efektem serii badań terenowych twardości skał z użyciem młotka Schmidta (rys. 1) są wartości odbicia R zamieszczone w tabeli 2.

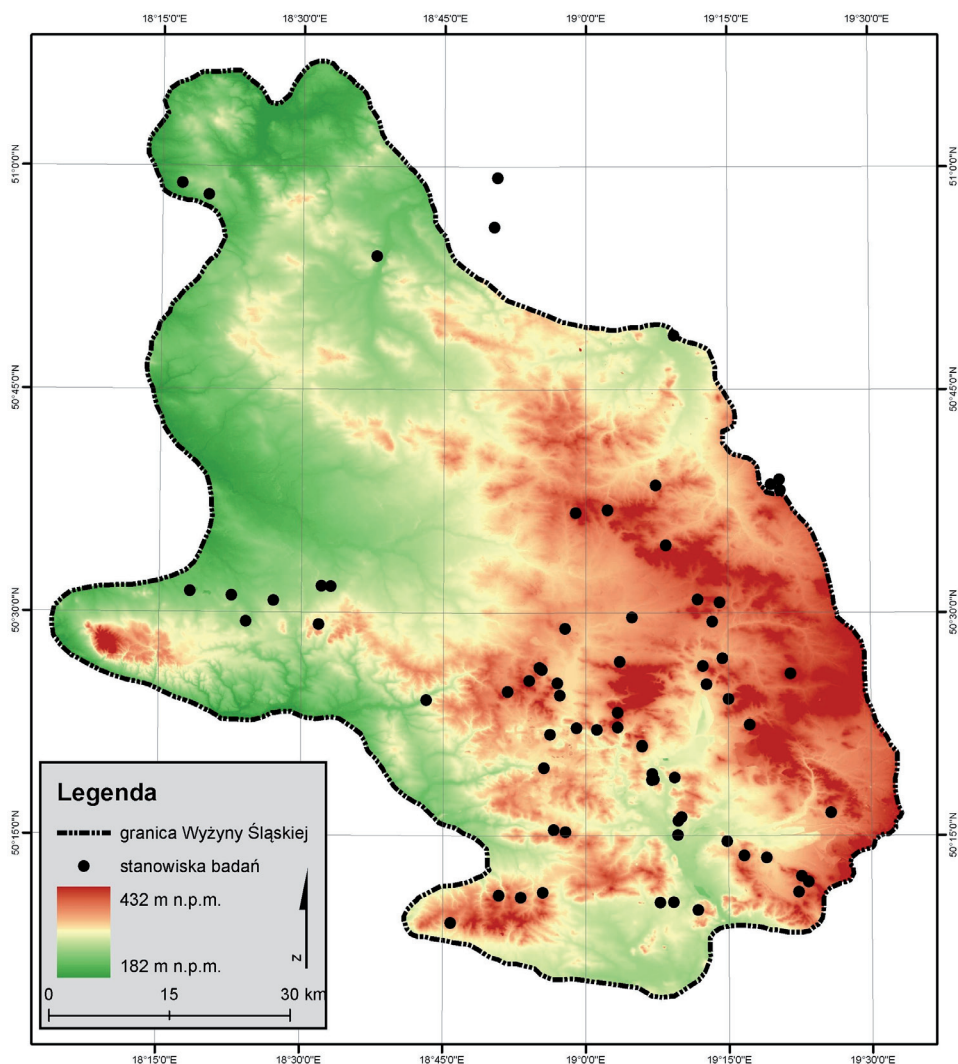
W sumie przebadano 94 powierzchnie skalne w 72 stanowiskach (rys. 1)¹. Każdy z pomiarów składał się z 30 testów. Następnie, po odrzuceniu skrajnych wartości², obliczono średnią arytmetyczną dla każdego miejsca. Ponadto wyliczone zostały także odchylenie standardowe oraz wskaźnik zmienności (zgodnie z opracowywaniem wyników pomiarów młotkiem Schmidta — Runkiewicz, 1969). Obliczone odchylenie standardowe mieściło się w granicach od 1,18 do 5,59 — było więc typowe dla naturalnie wietrzejących powierzchni skalnych (por. Katz, Reches, Roegiers, 2000). Natomiast wskaźnik zmienności wyniósł maksymalnie 11% (tabela 2).

Średnie wartości pomiarów mieściły się w zakresie od 29,8 do 73,7. Widać więc znaczne zróżnicowanie twardości skał tego obszaru. Uzyskany w ten sposób obiektywny zbiór danych posłużył do klasyfikacji skał według stopnia wytrzymałości, określonego na podstawie wartości odbicia R z młotka Schmidta (tabela 3).

Wychodnie wszystkich zbadanych za pomocą młotka Schmidta skał wyłaniają się jedynie na około 18% powierzchni Wyżyny Śląskiej. Na pozostałych 82% powierzchni Wyżyny zalegają mniej lub bardziej miększe osady luźne, które maskują skały lite.

¹ Czasami w jednym stanowisku — zwłaszcza w dużym kamieniołomie (np. Sucha Góra k. Tarnowskich Gór czy Kopalnia Dolomitów w Siewierzu) badano wytrzymałość kilku różnych rodzajów wychodni skalnych.

² Zwykle odrzucano od jednej do trzech wartości „z dołu” i „z góry”, które bardzo różniły się od pozostałych odczytów.



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk terenowych, w których badano wytrzymałość skał młotkiem Schmidta

Fig. 1. Location of field stands with Schmidt hammer tests

Spośród badanych skał największą powierzchnię zajęły utwory o dużej odporności (około 67%), natomiast najmniejszą — skały bardzo mało odporne (niecałe 4%) (tabela 3). Utwory odporne (4 i 5) objęły prawie 73% powierzchni wszystkich badanych skał, a skały mało odporne (1 i 2) — jedynie 19%. Można zatem stwierdzić, że skały występujące na powierzchni należą w przewadze do skał odpornych.

Wartości odbicia R z pomiarów młotkiem Schmidta
Schmidt hammer rebound values R

TABELA 2
TABLE 2

Lp.	Rodzaj skał	Wartość odbicia R z młotka Schmidta		
		średnia pomiarów	odchylenie standardowe	wskaźnik zmienności [%]
1	2	3	4	5
1.	Wapień	56,70	2,77	5
2.	Drobnokrystaliczny wapień	44,89	2,92	7
3.	Dolomit	56,08	3,93	8
4.	Wapień	56,00	3,42	7
5.	Dolomit	54,00	3,80	8
6.	Dolomit	53,70	2,51	5
7.	Wapień	53,80	1,51	3
8.	Wapień	53,46	2,80	6
9.	Wapień	53,56	2,89	6
10.	Wapień	51,83	3,40	7
11.	Drobnokrystaliczny kwarcyt	51,77	3,27	7
12.	Wapień marglisty	56,10	2,21	4
13.	Wapień marglisty	50,68	1,18	3
14.	Dolomit	56,04	3,20	6
15.	Dolomit	43,31	1,95	5
16.	Dolomit	54,45	2,97	6
17.	Dolomit z przewarstwieniem kwarcu	73,67	1,60	3
18.	Wapień z krzemionką/opoka	44,55	2,04	5
19.	Wapień z krzemionką/opoka	41,92	3,04	8
20.	Dolomit	51,38	4,80	10
21.	Wapień	36,93	3,71	11
22.	Wapień mikrytowy	54,00	2,39	5
23.	Wapień mikrytowy	56,67	3,27	6
24.	Wapień oksfordu	42,84	3,55	9
25.	Dolomit	56,54	2,16	4
26.	Dolomit z warstwą kwarcu	67,92	2,33	4
27.	Wapień	54,20	3,54	7
28.	Wapień mikrytowy i sparytowy	51,73	2,03	4
29.	Wapień	43,39	2,53	6
30.	Wapień organodetrytyczny	55,40	3,14	6
31.	Opoka	54,73	3,97	8
32.	Wapień	44,80	2,67	6
33.	Dolomit	52,65	3,49	7
34.	Wapień mikrytowy	45,88	3,16	7
35.	Wapień sparytowy	45,12	3,06	7

1	2	3	4	5
36.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcowo-skalniowy	43,86	1,81	5
37.	Wapień	54,04	3,40	7
38.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcowy	66,41	2,49	4
39.	Dolomit wapnisty	57,75	3,77	7
40.	Wapień	57,54	3,08	6
41.	Wapień mikrytowy	48,52	2,67	6
42.	Wapień	40,86	3,01	8
43.	Wapień kredowaty	46,00	2,71	6
44.	Wapień	45,19	3,16	7
45.	Kwarcowo-lyszczkowy piaskowiec żelazisto-ilasty	30,61	2,29	8
46.	Wapień	50,24	3,37	7
47.	Wapień	40,44	1,91	5
48.	Wapień mikrytowy	57,08	3,53	7
49.	Wapień	44,52	3,15	8
50.	Wapień	63,92	3,02	5
51.	Wapień kredowaty	41,69	2,48	6
52.	Wapień	52,07	2,10	5
53.	Wapień detrytyczny drobnokrystaliczny	56,51	2,39	5
54.	Wapień	52,05	2,81	6
55.	Dolomit skrytokrystaliczny	54,88	3,22	6
56.	Wapień	59,96	2,14	4
57.	Wapnisty piaskowiec kwarcowo-kalcytowy	51,15	4,99	10
58.	Wapień drobnokrystaliczny	51,46	3,06	6
59.	Wapień	54,86	3,94	8
60.	Wapień sparytowy i margiel	53,88	2,45	5
61.	Wapień	45,58	2,90	7
62.	Wapień	58,51	1,84	4
63.	Wapień mikrytowy	47,65	3,12	7
64.	Wapień	53,83	2,08	4
65.	Wapień kredowaty	47,36	3,27	7
66.	Wapień	57,62	3,57	7
67.	Syderyt	57,39	3,79	7
68.	Granit/gnejs (eratyk)	58,54	5,59	10
69.	Kwarcyt	64,51	1,71	3
70.	Bazaltoid	41,86	1,81	5
71.	Fyllit	54,68	3,74	7

cd. tab. 2
cont. tab. 2

1	2	3	4	5
72.	Piaskowiec kwarcowy	53,11	1,97	4
73.	Kwarcowy piaskowiec krzemionkowo-skalniowy	41,96	2,56	7
74.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcowo-skalniowy	45,58	3,19	7
75.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcowo-skalniowy	41,97	3,62	9
76.	Wapień	48,12	3,97	9
77.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcytowy	41,85	3,69	9
78.	Wapnisty piaskowiec	50,23	4,32	9
79.	Dolomit	55,26	3,77	7
80.	Wapień marglisty	50,69	3,70	8
81.	Krzemionkowy piaskowiec kwarcowy	46,34	2,27	5
82.	Skała iłowo-mułowcowa	29,78	1,24	5
83.	İł marglisty	53,65	3,33	7
84.	Wapień	45,37	4,41	10
85.	Drobnziarnisty piaskowiec kwarcowy	65,96	1,58	3
86.	Wapień	52,23	2,30	5
87.	Kwarc mleczny	66,87	2,99	5
88.	Wapień	44,53	2,44	6
89.	Zlepianiec	61,81	3,76	7
90.	Wapień	63,53	2,24	4
91.	Wapień	62,05	3,05	5
92.	Wapień	60,44	3,00	5
93.	Wapień	55,83	3,53	7
94.	Wapień	55,75	2,72	5

Klasy wytrzymałości powierzchniowych skał Wyżyny Śląskiej
Classes of rock strength of Silesian Upland

TABELA 3
TABLE 3

Wytrzymałość skał	Wartość odbicia <i>R</i> (młotek Schmidta)	Procent badanych skał	Procent powierzchni Wyżyny Śląskiej	
(1) bardzo mała	10—35	3,8	0,70	18,4
(2) mała	35—40	15,2	2,80	
(3) średnia	40—50	8,4	1,54	
(4) duża	50—60	66,6	12,23	
(5) bardzo duża	> 60	6,0	1,10	
Luźne osady pokrywowe — nieklasyfikowane*			81,6	

* W badaniach młotkiem Schmidta pominięte zostały luźne osady holocenu, plejstocenu i pliocenu, ponieważ badania sklerometryczne z założenia wykonuje się tylko na skałach litych. Z tego powodu utwory te nie były klasyfikowane pod względem klas wytrzymałości.

Zestawienie skał powierzchniowych Wyżyny Śląskiej
według wieku, litologii i klas wytrzymałości

TABELA 4

Statement of surface solid rocks and deposits on Silesian Upland
by age, lithology and resistance classes

Wiek	Rodzaj skał	Powierzchnia Wyżyny Śląskiej		Wartość odbicia <i>R</i>	Wytrzymałość
		[%]	[km2]		
1	2	3	4	5	6
Holocen	piaski i gliny deluwialne	2,78	181,06	—	—
	namuły	1,16	75,40	—	
	rezydua glin zwałowych i innych utworów czwartorzędowych	0,82	52,66	—	
	muły, piaski i żwiry rzeczne	10,70	697,93	—	
	torfy	0,72	46,43	—	
	piaski eoliczne	1,99	130,32	—	
	piaski eoliczne w wydmach	1,54	99,97	—	
	eluwia glin zwałowych (i innych osadów czwartorzędowych)	4,44	289,18	—	
	iły, gliny i piaski zwietrzelinowe	0,16	9,88	—	
Neoplejstocen	piaski, żwiry i głązy moren czołowych	0,49	31,51	—	
	lessy	1,44	94,01	—	
	piaski, mułki i iły zastoiskowe	0,05	2,47	—	
	piaski, żwiry, głązy lodowcowe i moren czołowych	7,63	496,97	—	
	piaski i żwiry rzeczne	12,47	813,11	—	
	piaski i żwiry wodnolodowcowe	23,50	1533,06	—	
	mady, piaski i żwiry stożków napływowych	2,07	134,85	—	
	piaski, żwiry i głązy kemów i tarasów kemowych	0,78	50,22	—	
	glina zwałowa	8,74	570,21	—	
Mezoplejstocen	piaski, żwiry i głązy lodowcowe	0,09	5,80	—	
Neogen	iły piaszczyste i margliste, mułki, piaski i piaskowce (warstwy skawińskie, wielickie, grabowieckie)	0,05	3,78	—	
Karbon górny	piaskowce, mułowce, zlepieńce i węgiel kamienny (warstwy rudzkie i siodłowe — górnośląska seria piaskowcowa oraz warstwy łaziskie)	0,70	46,21	33*	bardzo mała (1)
Jura dolna	piaski, piaskowce, żwiry, iły i glinki ogniotrwałe	2,79	182,56	38	mała (2)
Jura górna	wapienie płytowe, skaliste i oolitowe oraz margle piaszczyste, glaukonitowe, ornatowe i gąbkowe	0,22	14,86	45	średnia (3)

1	2	3	4	5	6
Jura środkowa	wapienie piaszczyste i margle glaukonitowe	0,02	1,52	47	średnia (3)
Trias górny	iłowce z brekcją lisowską	0,42	27,78	41*	
Trias środkowy	łupki, dolomity, wapienie i piaskowce (warstwy boruszowickie, rybniańskie, miedarskie)	0,21	13,62	45*	
Karbon górny	iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny (warstwy malinowickie, sarnowskie, florowskie i grodzieckie oraz warstwy pietrkowickie, gruszowskie, jakłowieckie i porębskie)	0,61	39,90	42	
Karbon dolny	szarogłazy, zlepieńce i łupki kulmu, miejscami łupki wapienne	0,06	4,10	43*	
Jura górna	wapienie płytowe, skaliste, pylaste i kredowane	0,13	8,61	56	duża (4)
Jura środkowa	piaskowce, iły, zlepieńce i syderyty (warstwy kościeliskie), piaski i piaskowce żelaziste	0,52	34,43	57	
	iły piaszczyste z syderytami, mułowce, piaskowce syderytowe, margliste i dolomityczne, margle, wapienie i łupki ilaste	0,30	19,72	56	
	iły, łupki ilaste i mułowce z syderytami ilastymi oraz piaskowce	0,49	32,19	56	
Trias górny	iły, iłowce i mułowce z wkładkami wapieni woźnickich, piaskowce	2,62	170,85	52	
Trias środkowy	wapienie i dolomity warstw gorządzańskich	0,34	25,71	52	
	wapienie, margle i dolomity (warstwy błotnickie i gogolińskie)	3,20	209,27	53	
	dolomity margliste (warstwy tarnowickie) i dolomity diploporowe, dolomity (w. jemielnickie)	1,53	99,72	51	
Trias dolny	dolomity, margle i wapienie w cz. pn-zach. z ewaporytami (ret);	0,70	45,69	53	
	piaskowce, iłowce i mułowce czerwono-brunatne (warstwy świerkłańskie)	0,35	23,20	51	
Karbon górny	iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny (warstwy załęskie i orzeskie — seria mułowcowa)	2,05	134,01	51	

1	2	3	4	5	6
Trias środkowy	dolomity epigenetyczne — kruszczo- nośne	0,92	60,23	62	bardzo duża (5)
Perm	zlepienie myślachowickie, piaskow- ce, mułowce, iłowce, arkozy i mar- twica karniowicka	0,13	8,82	62	
Karbon dolny	wapienie przewarstwione marglami i wapienie krystaliczne w facji wapie- nia węglowego oraz iłowce, mułowce i piaskowce w facji kulkowej	0,03	2,16	64	
Dewon	wapienie, dolomity, mułowce, pia- skowce i łupki	0,02	1,32	61	

* Z powodu braku odsłoneń tych kompleksów litologicznych wartość odbicia *R* obliczona została z jednoosiowej wytrzymało-
ści na ściskanie [Mpa] (wg Chmura, 1970) (por. tabela 1).

Na klasy wytrzymałości skał powierzchniowych Wyżyny Śląskiej złożyły się następujące kompleksy litologiczne (tabela 4):

1. Skały o bardzo małej odporności

W klasie skał o bardzo małej odporności znalazły się jedynie osady górnego karbonu: piaskowce, mułowce, zlepienie i węgiel kamienny (warstwy rudzkie i siodłowe — górnośląska seria piaskowcowa oraz warstwy łaziskie). Utwory te występują jedynie w części południowej (obszar Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego) i zajmują tylko 0,7% powierzchni Wyżyny (około 46 km²).

2. Skały o małej odporności

Do tego przedziału odpornościowego skał zaliczone zostały tylko utwory dolnej jury: piaski, piaskowce, żwiry, ily i glinki ogniotrwałe. Osady te zajmują okolice północno-wschodnie i północne Wyżyny (Próg Górnotriasowy i Płaskowyż Helenowski) i stanowią niecałe 3% powierzchni badanego obszaru (około 183 km²).

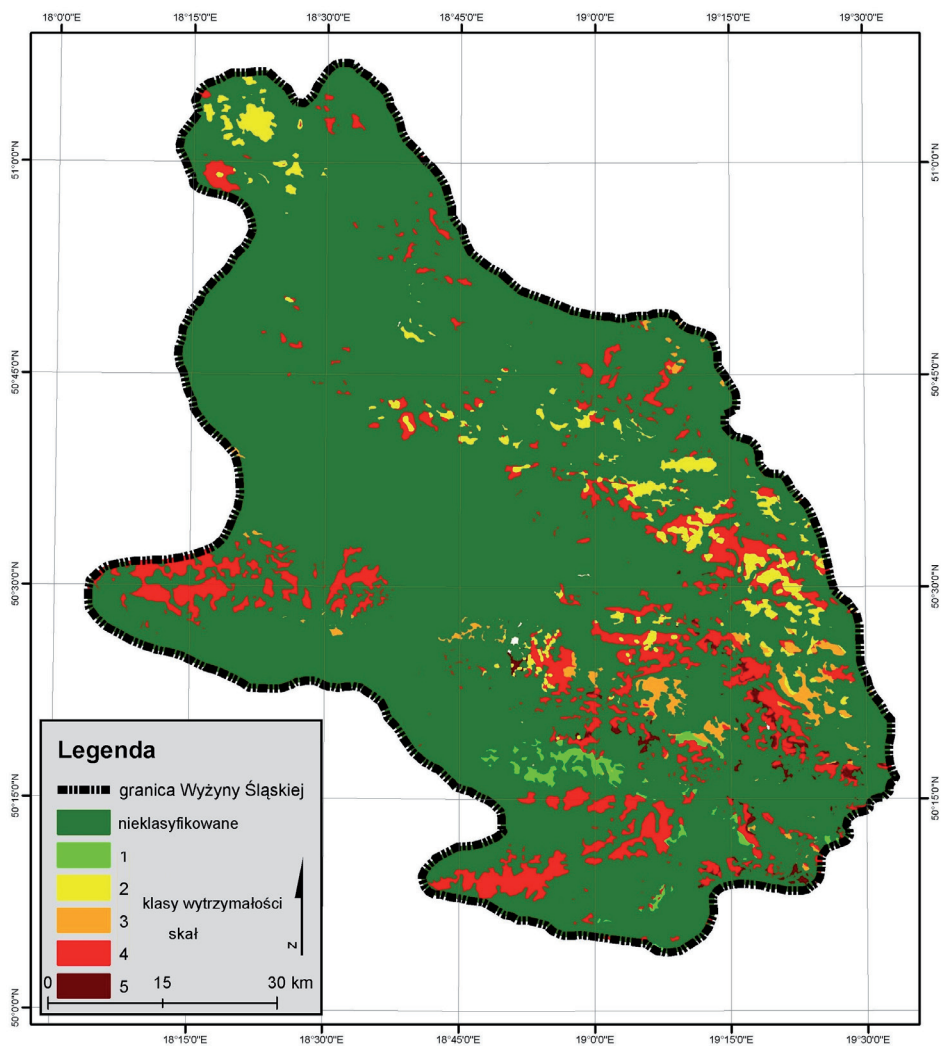
3. Skały o średniej odporności

Do skał o średniej odporności zaliczone zostały utwory górnej i środkowej jury (wapienie płytowe, skaliste i oolitowe oraz margle piaszczyste, glaukonitowe, ornatowe i gąbkowe, a także wapienie piaszczyste), górnego i środkowego triasu (iłowce z brekcją, łupki, dolomity, wapienie i piaskowce) oraz górnego i dolnego karbonu (iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny oraz szarogłazy, zlepienie i łupki). Skały te występują miejscami w części środkowo-wschodniej i wschodniej (miejscami na Wyżynie Śląskiej Południowej i w Kotlinie Mitręgi); w sumie zajęły jedynie 1,5% powierzchni (około 92 km²).

4. Skały o dużej odporności

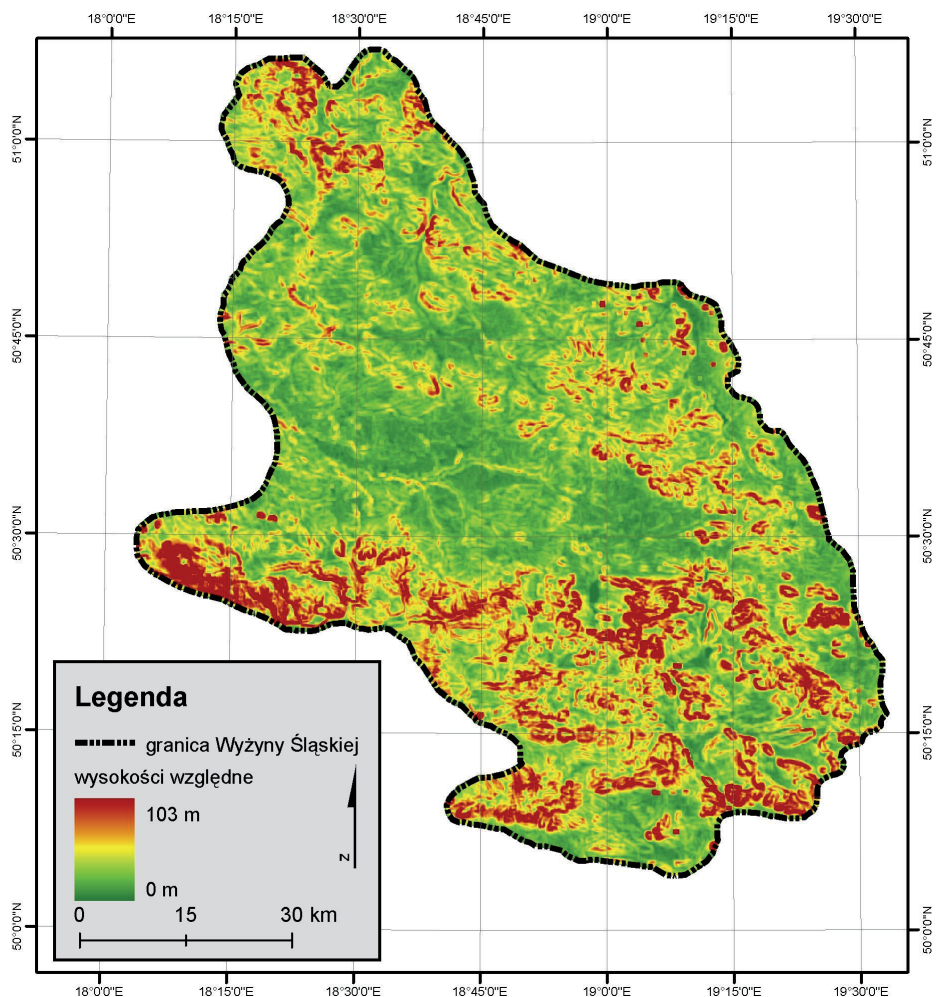
W grupie skał o dużej odporności znalazły się utwory górnej i środkowej jury (wapienie płytowe, skaliste, pylaste i kredowane, piaskowce, ily, zlepienie

i sydereyty, piaski i piaskowce żelaziste oraz mułowce, margle, wapienie i łupki ilaste), triasu (iły, iłowce i mułowce, piaskowce, wapienie i dolomity, margle, dolomity margliste, wapienie z ewaporytami) oraz górnego karbonu (iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny). Utwory te występują dość licznie na południu (Zrąb Mikołowski), w części środkowo-zachodniej (Próg Środkowo-triasowy) oraz części wschodniej Wyżyny (Próg Górnotriasowy i Środkowo-jurajski) i obejmują ponad 12% powierzchni (około 770 km²).



Rys. 2. Odporność skał powierzchniowych Wyżyny Śląskiej

Fig. 2. Rock strength of Silesian Upland (not-classified, 1—6 classes of rock strength)



Rys. 3. Wysokości względne Wyżyny Śląskiej (na podstawie NMT o polu podstawowym 125 m x 125 m)

Fig. 3. True heights of Silesian Upland (on the basis DEM 125 m x 125 m)

5. Skały o bardzo dużej odporności

Skały najbardziej odporne objęły utwory triasu środkowego (dolomity epigenetyczne — kruszconośne), permu (zlepieńce, piaskowce, mułowce, iłowce, arkozy), karbonu dolnego (wapień przewarstwione marglami i wapień krystaliczne oraz iłowce, mułowce i piaskowce), a także dewonu (wapień, dolomity, mułowce, piaskowce i łupki). Osady te występują fragmentarycznie w niewielkich płatach w części środkowo-południowej Wyżyny (okolice

Wyżyny Śląskiej Południowej, Kotliny Przemszy oraz Niecki Wilkoszyńskiej) i zajmują w sumie nieco ponad 1% powierzchni (około 80 km²).

Jeśli przyjrzymy się przestrzennemu rozkładowi skał według odporności, to zauważymy, że najbardziej odporne wychodnie koncentrują się w południowej i wschodniej części Wyżyny, natomiast mało odporne — głównie w części wschodniej i północnej (rys. 2).

Zestawiając przytoczone dane z mapą wysokości względnych (rys. 3), zauważamy, że większość skał o średniej, dużej i największej odporności związana jest z obszarami o największych deniwelacjach (do 100 m). Wyjątek stanowią tu okolice Góry Świętej Anny, w części Wyżyny wysuniętej najdalej na zachód — gdzie maksymalnym deniwelacjom przekraczającym 100 m odpowiadają niesklasyfikowane luźne pokrywy (por. rys. 2 i 3). Faktycznie są to piaski, żwiry wodnolodowcowe zlodowacenia środkowopolskiego oraz lessy, ale przykrywają one jedynie wapienie, margle i dolomity środkowego triasu (a więc skały zaliczone do utworów o dużej odporności (4)) warstwą od kilku metrów do 20 m (piaski i żwiry) i do 10 m (lessy) (Kotlicki, Kotlicka, 1980).

Ogólnie można powiedzieć, że znaczna większość litych utworów powierzchniowych Wyżyny Śląskiej występuje w miejscach z dużymi deniwelacjami rzeźby (30—100 m). Dodatkowo duże wysokości względne w miejscach ze skałami o średniej, dużej i największej odporności podkreślają różnice odporności między poszczególnymi kompleksami litologicznymi (por. tabela 4).

Wszystkie niesklasyfikowane utwory luźne obejmują obszary o dużo mniejszych różnicach wysokości względnych (0—20 m). Związane jest to z „niwelacyjnym charakterem” występowania tego typu osadów (wypełnianie obniżeń, a tym samym wyrównywanie różnic wysokości), a także ze specyfiką tych osadów, które nie mogą tworzyć form o dużym stopniu nachylenia — a więc powodować dużych różnic wysokości na niewielkim obszarze.

Taki obraz rozkładu odporności skał powierzchniowych może być potwierdzeniem strukturalnego charakteru rzeźby tego obszaru, choć nie należy zapominać, że na współczesny relief Wyżyny Śląskiej duży wpływ miało dwukrotne jej zlodowacenie oraz późniejsza działalność procesów peryglacjalnych.

Wnioski

Prawie 3/4 wszystkich wychodni skał litych Wyżyny Śląskiej cechuje się dużą i bardzo dużą wytrzymałością zmierzoną za pomocą młotka Schmidta. Te odporne skały budują największe jednostki morfologiczne regionu (Próg Środkowotriasowy, Próg Górnotriasowy, Zrąb Mikołowski). Obszary te są bardzo zróżnicowane pod względem wysokościowym — deniwelacje osiągają miej-

scami ponad 100 m. Taki stan rzeczy wskazuje na strukturalny charakter tych form.

W pięciostopniowej skali wytrzymałości średnia wartość wszystkich badanych skał wyniosła 3,55, co odpowiada klasie średniej i dużej (por. tabela 3), a więc skały wyłaniające się na powierzchnię Wyżyny należą do skał odpornych.

Osady luźne, nieklasyfikowane w kategoriach wytrzymałości, obejmują ponad 80% współczesnej powierzchni Wyżyny. Występują głównie w miejscach obniżzeń (Dolina Małej Panwi, Kotlina Raciborska, Obniżenie Liswarty, Obniżenie Górnej Warty i Proсны). Być może gdyby usunąć te luźne osady plejstoceno-holoceno, mogłoby się okazać, że występujące tam skały są mało odporne i może dlatego właśnie powstały w nich obniżenia. Gdyby przyjąć taką hipotezę, byłby to kolejny dowód na strukturalny charakter reliefu tego obszaru.

Autor zdaje sobie sprawę z zastosowanych uproszczeń, mających na celu ustalenie przybliżonych klas odporności skał powierzchniowych Wyżyny Śląskiej. Świadomy jest również ograniczeń i niedoskonałości w określaniu przybliżonej odporności skał za pomocą terenowych metod wykorzystujących jedynie młotek Schmidta. Niestety, jak wiadomo, nie nadaje się on do utworów luźnych, które stanowią ogromną większość pokrycia Wyżyny. Najodpowiedniejsze byłyby tu być może geomorfologiczne klasyfikacje masywów skalnych proponowane przez M.J. Selby'ego (1980), połączone z serią wyczerpujących testów laboratoryjnych przeprowadzonych przez duży zespół.

Literatura

- Chmura K., 1970: Własności fizyko-termiczne skał niektórych polskich zagłębi górniczych. Katowice, 228 s.
- Day M.J., Goudie A.S., 1977: Field Assessment of Rock Hardness Using the Schmidt Test Hammer. BGRG Technical Bulletin, **18**: 19—29.
- Katz O., Reches Z., Roegiers J.C., 2000: Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt Hammer. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **37**: 723—728.
- Kotlicki S., Kotlicka N.K., 1980: Objasnienia do Mapy geologicznej Polski 1 : 200 000, arkusz Gliwice. Warszawa, 83 s.
- Placek A., Migoń P., 2005: Zastosowanie młotka Schmidta w badaniach geomorfologicznych — potencjał, ograniczenia i wstępne wyniki badań w Sudetach. W: VII Zjazd Geomorfologów Polskich — Współczesna ewolucja rzeźby Polski, 19.—22.09.2005, Kraków, s. 367—369.
- Runkiewicz L., 1969: Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji. Warszawa, 31 s.
- Selby M.J., 1980: A rock mass strength classification for geomorphic purposes: with tests from Antarctica and New Zeland. Zeitschrift für Geomorphologie [Berlin—Stuttgart], **24**: 31—51.

- Selby M.J., 1993: Hillslope materials and processes. Oxford, 451 s.
- Szypuła B., 2007: Rzeźba strukturalna Wyżyny Śląskiej w świetle badań geostatystycznych. Maszynopis rozprawy doktorskiej. Sosnowiec, 220 s.
- Williams R.B.G., Robinson D.A., 1983: The effect of surface texture on the determination of the surface hardness of rock using the Schmidt hammer. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8: 289—292.

Бартломей Шипула

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОРОД СИЛЕЗСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ С УПОТРЕБЛЕНИЕМ МОЛОТКА ШМИДТА

Резюме

В настоящей статье рассматривается вопрос прочности пород Силезской возвышенности. Представленные здесь результаты полевых съемок стали основой для установления классов устойчивости выходов пород Силезской возвышенности, а также попыткой выявить соотношения между устойчивостью пород и рельефом.

Работа разъясняет вопрос разнообразной прочности через один параметр (устойчивость), существенный для группы рельефообразующих (механических) процессов, но менее существенный для других процессов, что надо подчеркнуть в связи с территорией исследований.

В пятибалльной шкале прочности среднее значение всех исследуемых пород составляет 3,55 (см. табл. 3) — породы выходящие на дневную поверхность возвышенности являются прочными.

Рыхлые осадки, неклассифицированные а категориях устойчивости, охватывают более 80% современной поверхности возвышенности.

Bartłomiej Szypuła

RESEARCH ON THE ROCK STRENGTH OF THE SILESIAN UPLAND USING SCHMIDT HAMMER

Summary

This article takes up the problem of rock strength of the Silesian Upland. Results of the field measurements of the rock outcrops hardness presented here became the basis for settlement of the rock resistance classes on the Silesian Upland and the view on following relation: bedrock resistance vs relief.

The definition of rock strength is the resistance of the rock to destruction processes e.g.: weathering, erosion and denudation. Instead of 'strength' definition one often uses: hardness, compression, crushing, compactness, etc. These terms describe strength features of rock mass and the right meaning of rock strength consists of their sum (union).

This paper undertakes a study to determine approximate rock strength on the Silesian Upland surface. For that purpose the author exploited a field method with the Schmidt hammer usage. This tool was designed by E. Schmidt in 1948 for carrying out *in situ* tests on the hardness of concrete.

The instrument measures the distance of rebound of a controlled impact on a rock surface. Because elastic recovery (the distance of repulsion of an elastic mass upon impact) depends on the hardness of the surface, and hardness is related to mechanical strength, the distance of rebound (R) gives a relative measure of surface hardness or strength.

Effect of this work was approximation of diversification of rock strength by the one parameter — hardness. This kind of rock resistance is more significant for group of mechanical relief processes than for other processes (rock solution).

Over 75% of all solid rocks of the Silesian Upland is characterized by high and very high hardness measured by Schmidt hammer. Rocks of these strength build the biggest morphological units of this region (Próg Środkowotriasowy, Próg Górnotriasowy, Zrąb Mikołowski). These areas are very strongly diversified on that altitude — differences of altitude are over 100 m in some places. These data imply structural character of this relief.

At 5-gradual resistance scale the mean value of all tested rocks averages 3.5 — which corresponds to mean class and high class (see Table 3), so solid surface rocks of Silesian Upland are strong rocks.

Deposits, not-classified in resistance classes, contain over 80% contemporary Silesian Upland's surface. These deposits are mainly in subsidences (Dolina Małej Panwi, Kotlina Raciborska, Obniżenie Liswarty, Obniżenie Górnej Warty i Prosnego). Maybe, if it could remove these pleistocene-holocene deposits — that stepping out there rocks are little resistant and that is why they came into subsidences. If we accept such hypothesis — it would be the next proof on the structural character of the relief of this region.